

**STUDI KOMPARATIF TENTANG KEKERASAN BAJA ST 37 PADA
HASIL PENGELASAN SMAW MENGGUNAKAN ELEKTRODA
E 6010 DAN E 6013 DENGAN KUAT ARUS YANG SAMA**

SKRIPSI



**Oleh
AGUNG RAHMADANI
NIM. 1102182**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2016**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

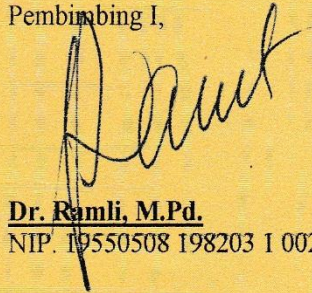
STUDI KOMPARATIF TENTANG KEKERASAN BAJA ST 37 PADA
HASIL PENGELASAN SMAW MENGGUNAKAN ELEKTRODA
E 6010 DAN E 6013 DENGAN KUAT ARUS YANG SAMA

Nama : Agung Rahmadani
NIM : 1102182
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin

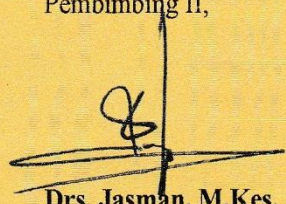
Padang, Agustus 2016

Disetujui oleh

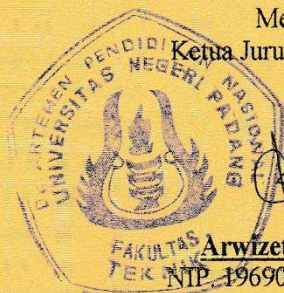
Pembimbing I,


Dr. Ramli, M.Pd.
NIP. 19550508 198203 1 002

Pembimbing II,


Drs. Jasman, M.Kes.
NIP. 19621228 198703 1 003

Mengetahui:
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Arwizet K, S.T., M.T.
NIP. 19690920 199802 1 001

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang

Judul : Studi Komparatif tentang Kekerasan Baja ST 37 pada Hasil Pengelasan SMAW Menggunakan Elektroda E 6010 dan E 6013 dengan Kuat Arus yang Sama

Nama : Agung Rahmadani

NIM : 1102182

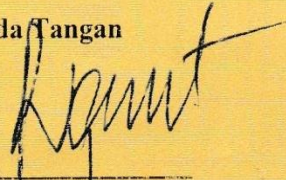
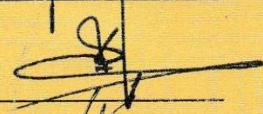
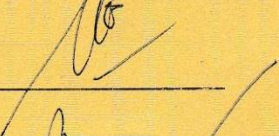
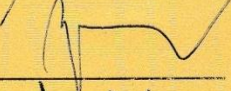
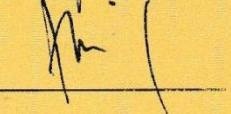
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Padang, Agustus 2016

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Dr. Ramli, M.Pd.	1. 
2. Sekretaris	: Drs. Jasman, M.Kes.	2. 
3. Anggota	: Drs. Purwantono, M.Pd.	3. 
4. Anggota	: Zonny Amanda Putra, S.T., M.T.	4. 
5. Anggota	: Hendri Nurdin, M.T.	5. 

Apa yang ada di sisimu akan lenyap
Dan apa yang ada di sisi Allah adalah kekal.
Dan sesungguhnya kami akan memberi balasan
Kepada orang-orang yang sabar
Dengan pahala yang lebih baik
Dari apa yang telah mereka kerjakan
(Qs. An-Nahl:96)

Puji Syukur ku ucapkan berkat rahmat Allah SWT.

Yang tiada putusnya pada setiap detik hidup ini

Saya persembahkan Karya ini untuk :

Papa ku tersayang Jusman Dt. Mangkuto Garang dan
Mama ku tercinta Jus Aniar yang selalu mendoakan dan

Selalu bersabar atas salah dan janggal

Kasih sayang keduanya tak akan dapat terbalas

Terimakasih terucap kepada saudara hebat ku :

Ronaldy Lovina ST, Rony F. Lovina, ST dan

Mora Jajus Rasbi, SE, M.Si yang memotivasi

Moral dan moril kepada adik bungsu kalian.

Terselip doa semoga kita menjadi apa yang di Ridhoi-Nya

Terimakasih kepada adik ku tersayang

Rifka Sherly Nagita yang selalu memberikan semangat

Agar bisa memenangkan kehidupan ini

"Semoga kita menjadi manusia berhasil yang jauh dari kesombongan"

Amin ya rabbal'alamín...

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Agung Rahmadani
Nim : 1102182
Jurusan : Teknik Mesin
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Studi Komparatif Tentang Kekerasan Baja ST 37 pada Hasil Pengelasan SMAW Menggunakan Elektroda E 6010 dan E 6013 dengan Kuat Arus yang Sama”** ini benar- benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, Juli 2016

Yang menyatakan,



Agung Rahmadani

NIM. 1102182

ABSTRAK

Agung Rahmadani : Studi Komparatif tentang Kekerasan Baja ST 37 pada Hasil Pengelasan SMAW antara Elektroda E 6010 dan E 6013 dengan Menggunakan Kuat Arus yang Sama

Pengelasan merupakan salah satu bagian yang tak terpisahkan dari proses manufaktur, produk-produk seperti pipa, pelat dan lembaran, baja-baja konstruksi dibuat dengan proses penyambungan las. Penyesuaian arus adalah salah satu faktor yang terpenting dalam proses pengelasan adalah mutu pengelasan yang baik. Baja ST 37, adalah Baja yang sangat banyak dan sangat luas penggunaannya. Pengelasan Baja ST 37 biasanya memakai jenis elektroda E 6010 dan E 6013. Maka diperlukan kekuatan dan kekerasan sambungan yang baik untuk mencegah terjadinya kegagalan atau kerusakan las pada Baja ST 37. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui nilai kekerasan *Baja ST 37* setelah di las menggunakan elektroda E 6010 dan E 6013.

Jenis penelitian dilakukan jenis penelitian eksperimen, proses penelitian dilakukan pengujian kekerasan, dan data yang diperoleh melalui hasil pengujian kekerasan dilanjutkan dengan pengamatan dan analisa terhadap spesimen Baja ST 37 yang di las dengan elektroda E 6010 dan E 6013.

Pada spesimen Baja ST 37 yang di las dengan elektroda E 6013 lebih tinggi nilai kekerasannya di bandingkan dengan spesimen Baja ST 37 menggunakan elektroda E 6010. Nilai rata-rata uji kekerasan pada spesimen Baja ST 37 yang di las dengan elektroda E 6010 adalah 181,8 kg/mm² sedangkan yang menggunakan elektroda E 6013 adalah 196,33 kg/mm² di daerah las.

Kata Kunci : Baja ST 37, Pengelasan, Elektroda, Uji Kekerasan.

ABSTRACT

Agung Rahmadani : “Comparative Studies on Steel Hardness ST 37 on Result of Shield Metal Arc Welding Used Electrode E 6010 and E 6013 With The Same Current Strenght”

Welding is one integral part of the manufacturing process, products such as pipes, plates and sheets, constructions steels weld made with the switching process. Current adjustment is one of the most important factor in the welding process is a good quality of welding. Steel ST 37, the pipe is often used as a supplier of gas and fluid flow. Welding steel ST 37 is usually put on the electrode type E 6010 and E 6013. Then the required strength and hardness are good connections to prevent a failure or leakage in pipe welding steel ST 37. Research goal is to determine the hardness value of steel ST 37 after the welding electrode E 6010 and E 6013.

This type of research carried out this type of research experiments, the research performed hardness testing, and data obtained through the results of hardness testing followed by observation and analysis of the specimen steel ST 37 welded with the electrode E 6010 and E 6013.

Specimens of steel ST 37 welded with the electrode E 6010 higher hardness value in comparison with specimens of steel ST 37 using E 6013 electrodes. The average value of hardness tests on specimens of steel ST 37 welded with the electrode E 6010 is 181,8 kg/mm², while the use of electrode E 6013 is 196,33 kg/mm² in the weld area.

Key Word : Steel ST 37, Welding, Elektrode, Test of Violence.

KATA PENGANTAR



Puji syukur, penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “**Studi Komparatif Tentang Kekerasan Baja ST 37 pada Hasil Pengelasan SMAW Menggunakan Elektroda E 6010 dan E 6013 dengan Kuat Arus yang Sama**” ini dengan baik. Shalawat beserta salam tidak lupa pula penulis hadiahkan kepada Rasulullah SAW yang telah membawa umat manusia dari zaman jahiliyah ke zaman yang berilmu pengetahuan seperti saat sekarang ini.

Skripsi penelitian ini ditulis dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Dalam penyusunan dan penulisan Skripsi penelitian ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan perhatian dari berbagai pihak, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ramli, M.Pd dan Bapak Drs, Jasman, M.Kes selaku Pembimbing yang selalu memberikan arahan dan ilmu yang bermanfaat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Drs. Purwantono, M.Pd, Bapak Zonny Amanda Putra, ST, MT dan Bapak Hendri Nurdin, MT selaku tim penguji yang telah memberikan kritik dan saran untuk kesempurnaan skripsi ini.
3. Ketua Program Studi dan seluruh dosen serta karyawan/I jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang yang memberikan bantuan akademis dan administrasi.
4. Kedua Orang tua, Papa Jusman, A.ma.Pd Dt. Mangkuto Garang dan Mama Jus Aniar A.Ma.Pd, kakak-kakak, dan keluarga yang memberikan semangat, dukungan moral dan moril, serta doa untuk keberhasilan penulis.
5. Bapak Drs. Annasrul Rukun, M.Kes yang telah memberikan arahan serta sebagai motivator supaya penulis dapat segera menyelesaikan skripsi ini.

6. Seluruh rekan-rekan jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negri Padang terutama angkatan TM. 2011 yang telah memberikan dukungan atas keberhasilan skripsi ini.
7. Adik satu-satunya Rifka Sherly Nagita tersayang yang selalu memberikan semangat dan doa kepada penulis atas penyelesaiannya skripsi ini.
8. Ibu Devira Purnama, SE, M.Pd.E dan Bapak Benni Rikki, S.Kom, M.Pd.T yang selalu bersedia mendengarkan cerita dan memberikan arahan untuk penyelesaian skripsi ini.
9. Seluruh pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu baik selama studi maupun sampai selesainya tesis ini. Kalian Luar Biasa!

Semoga bantuan yang telah diberikan menjadi amal ibadah dan di terima serta di balas oleh Allah SWT, Amiin. Penulis menyadari dalam penulisan Skripsi penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, kritik dan saran sangat di harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Padang, Agustus 2016

Agung Rahmadani

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
 BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Baja	8
B. Pengelasan	13
C. Elektroda.....	20
D. Pengujian Bahan	25
E. Uji Brinell.....	26
F. Siklus Termal Daerah Las	28
G. Kerangka Konseptual	30
H. Hipotesis.....	31

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian	32
B. Definisi Operasional	33
C. Jadwal dan Tempat Penelitian	34
D. Alat Pengumpul Data	38
E. Metode Pelaksanaan Penelitian	39
F. Langkah Kerja	43
G. Instumen Pengumpul Data	45
H. Analisa Data	47

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Lokasi Penelitian.....	49
B. Hasil Penelitian.....	50
C. Grafik Penelitian.....	53
D. Pembahasan	58

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan.....	59
B. Saran	60

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Las Busur Dengan Elektroda Terbungkus	15
2. Jenis-Jenis Sambungan Dasar	17
3. Macam-Macam Posisi Pengelasan	19
4. Penulisan Jenis Elektroda.....	21
5. Pengujian Kekerasan Brinell.....	27
6. Daerah-daerah transformasi fasa pada HAZ	28
7. Kerangka Konseptual	30
8. Diagram Aliran Penelitian	35
9. Spesimen Uji Brinell	37
10. Alat Pengujian Brinell.....	38
11. Bentuk Kampuh Spesimen	40
12. Spesimen Hasil Pengelasan.....	41
13. Titik-titik pengujian kekerasan	41
14. Alat Uji Kekerasan.....	44
15. Grafik Uji Kekerasan dengan Elektroda E 6010.....	53
16. Grafik Uji Kekerasan dengan Elektroda E 6013.....	54
17. Hasil Uji kekerasan Di Daerah Logam, HAZ dan Las	55
18. Hasil Uji kekerasan Di Daerah Logam, HAZ dan Las	56
19. Grafik Perbandingan Kekerasan Elektroda E 6010 dan E 6013	57

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Baja Karbon	8
2. Komposisi Baja Karbon Rendah Tipe ST 37.....	12
3. Pemilihan Ampere	20
4. Pengolongan dan Posisi Pengelasan yang Tepat	22
5. Jenis Selaput, Arus, Busur, Penembusan, Dan Kadar.....	23
6. Jadwal Penelitian	34
7. Jumlah Spesimen Uji	37
8. Spesifikasi Baja ST 37	37
9. Pengujian Kekerasan Spesimen Elektroda E 6010	45
10. Pengujian Kekerasan Spesimen Elektroda E 6013	46
11. Perbandingan Spesimen Baja ST 37	47
12. Hasil Pengamatan Pengujian.....	50
13. Hasil Pengamatan Pengujian.....	51
14. Perbandingan Hasil Pengamatan Pengujian.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Analisa Pengujian.....	61
2. Dokumentasi Pembuatan Spesimen	70
3. Dokumentasi Penelitian.....	72
4. Sertifikat Pelatihan Instruktur UPTD	75
5. Lembar pengamatan dalam Penelitian	79
6. Tabel Hasil Pengujian	81
7. Tabel Kekerasan Brinell	85
8. Surat Tugas Pembimbing	87
9. Undangan Seminar Proposal Penelitian	89
10. Surat Pemakaian Labor	91

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan. Pengelasan mempunyai peranan sangat penting dalam rekayasa dan reparasi logam.

Dalam perkembangan proses pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelompok yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan dan pematrian. Proses pengelasan yang paling banyak digunakan adalah pengelasan cair dengan busur *Shield Metal Arc Welding* (SMAW).

Las busur listrik atau pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) termasuk salah satu jenis pengelasan yang banyak dipakai dalam proses pengelasan. Besarnya arus listrik dalam pengelasan ini sangat berpengaruh pada hasil pengelasan, hal ini dikarenakan makin tinggi arus listrik dalam pengelasan makin tinggi pula penetrasi serta kecepatan pencairan logam induk. Akibat pemanasan yang tinggi pada proses pengelasan juga akan merubah sifat bahan dan struktur material.

Proses pengelasan tidak hanya digunakan untuk proses penyambungan dalam suatu konstruksi. Pengelasan juga dapat dipergunakan dalam reparasi seperti membuat lapisan keras pada komponen, (bagian mesin), mempertebal bagian-bagian yang sudah aus, untuk menutup celah atau keretakan pada bagian mesin, ataupun dalam pembuatan peralatan lainnya.

Logam yang sering digunakan untuk pengelasan diantaranya adalah baja. Baja merupakan paduan besi dan karbon yang dapat berisi konsentrasi dari campuran elemen lainnya. Baja juga merupakan bahan dasar yang sering digunakan untuk berbagai rekayasa teknik .

Salah satu material baja yang banyak di gunakandalam pengelasan pada dunia industri dan konstruksi-konstruksi umum yaitu baja lunak. Luasnya pemakaian dari bajalunakdikarenakan baja ini mempunyai kekuatan dan sifat mampu las yang baik. Sifat mampu las ini sangat penting karena dalam perkembanganindustri dan konstruksi dikenal adanya penyambungan antara komponen yang satu dengan komponen yang lain yang menggunakan teknik pengelasan.

Baja ST 37 merupakan material yang sangat banyak dan luas penggunaannya terutama pada bidang teknik dan dunia konstruksi bangunan. yang membutuhkan kekuatan, kekerasan dan tahan akan berbagai gaya lainnya dalam aplikasi, perakitan dan pembuatannya tak terlepas dari proses pengelasan. Sehingga hasil suatu produk yang di peroleh tergantung pada jenis bahan yang digunakan dan sifat mekanik yang diperoleh baja tersebut setelah pengelasan dilakukan.

Dalam pemilihan bahan atau material yang ada, harus memperhatikan sifat-sifat bahan yang akan dilas agar tidak terjadinya cacat dan kerusakan hasil pengelasan. Salah satu material yang sering dipakai dalam bidang pengelasan saat ini adalah baja karbon rendah seperti baja ST 37, hal ini karena baja karbon rendah memiliki kekuatan dan kekerasan yang sedang dan

mudah diberi perlakuan panas untuk memperoleh sifat sifat yang kita inginkan.

Permasalahan yang sering terjadi pada suatu sambungan pengelasan yaitu sering kali produk mengalami kerusakan pada bagian bagian yang mengalami gaya tarik, tekan ataupun gaya luar lainnya yang mengakibatkan produk tersebut menjadi rusak bahkan putus pada bagian yang telah disambung. Hal ini akan mengakibatkan masa pemakaian produk menjadi relatif pendek. Sedangkan dalam penggunaannya, semua struktur sambungan hasil pengelasan akan mengalami gaya luar berupa tegangan, regangan, gesekan tekanan sehingga menimbulkan perubahan bentuk apabila tidak memiliki kekerasan dan keliatan.

Penggunaan konstruksi rangka baja untuk bangunan sangat penting, diantaranya adalah untuk: kuda-kuda, ikatan angin, rangka jembatan, tiang transmisi dan menara air. Jenis-jenis baja untuk bangunan biasanya diberi nomor yang sesuai ultimatenya. Jenis baja yang banyak dipakai adalah ST 37. (Kajamit, 2011: 10)

Las busur logam tidak dapat diabaikan dalam perencanaan bangunan dan telah memberikan sumbangan dalam modernisasi bangunan baja dimana lingkup pemakaiannya meliputi bidang-bidang perkapalan, kendaraan rel, jembatan, rangka baja dan lain sebagainya. (Wiryosumarto, 2004: 3)

Berdasarkan dua buah kutipan di atas juga tergambarkan penggunaan pengelasan pada baja ST 37, maka dari itu pentingnya kekerasan pada

konstruksi tersebut agar mampu menahan beban berat dan konstruksi tersebut bisa dipakai dalam jangka panjang.

Dalam teknologi pengelasan logam, hasil pengelasan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti keadaan peralatan, pengontrolan dan keterampilan juru las. Pengontrolan dimaksud meliputi pemakaian elektroda, posisi pengelasan, pemilihan arus dan lain-lain.

Dalam hal ini kita juga pernah memerhatikan pengelasan baja ST 37 menggunakan berbagai macam elektroda dalam kehidupan sehari-hari namun tidak tepatnya pemilihan elektroda menyebabkan hasil pengelasan terlihat kurang baik dan kurangnya tingkat kekerasan pada hasil pengelasan yang pernah diperhatikan. Sedangkan bahan baja ST 37 adalah baja yang sering digunakan pada pengelasan

Permasalahan seperti ini juga dapat kita temui pada bengkel-bengkel mini. Melakukan pengelasan pada baja ST 37 menggunakan elektroda yang bervariasi tanpa memperhatikan pentingnya ketepatan pemilihan elektroda dan kuat arus yang akan digunakan. Oleh sebab itu penulis ingin menguji kekerasan guna mengetahui beberapa hal penting diantaranya: pemilihan elektroda yang tepat, perbandingan kekerasan yang lebih baik antara pengelasan menggunakan elektroda E 6010 dan E 6013, tingkat kekerasan pengelasan menggunakan elektroda E 6010 dan E 6013 dengan arus yang telah ditetapkan.

Maka hal inilah yang membuat penulis berkeinginan melakukan studi komparatif dengan cara melakukan uji kekerasan pada spesimen baja ST 37

yang merupakan salah satu baja lunak yang akan diuji dengan dua jenis elektroda yang berbeda yaitu E 6010 dan E 6013. Oleh karena itu penelitian ini diberi judul: ***“Studi Komparatif Tentang Kekerasan Baja ST 37 pada Hasil Pengelasan SMAW antara Elektroda E 6010 dan E 6013 dengan Kuat Arus yang Sama”***.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah diatas dapat diidentifikasi permasalahan yang akan diteliti:

1. Pemilihan elektroda yang salah kurang tepat).
2. Kualitas dari pengelasan tergantung pada pemilihan elektroda dan penetapan arus yang tepat.
3. Banyak juru las yang tidak tahu pemilihan elektroda yang tepat pada baja ST 37.
4. Belum diketahuinya perbandingan kekerasan sambungan pengelasan menggunakan elektroda E 6010 dengan elektroda E 6013.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka agar pembahasan dalam penelitian ini lebih terfokus, maka peneliti membatasi masalah yang akan diteliti yaitu, Perbandingan kekerasan pada pengelasan baja ST 37 menggunakan elektroda E 6010 dan E 6013 dengan kuat arus yang sama. Dalam hal ini peneliti penulis menggunakan:

1. Pengelasan yang digunakan yaitu pengelasan SMAW.
2. Bahan yang dipakai jenis baja ST 37.

3. Elektroda yang digunakan E 6010 dan E 6013 Ø 3,2.
4. Arus listrik yang digunakan 110 Ampere yang memungkinkan digunakan untuk elektroda E 6010 dan E 6013 Ø 3,2.
5. Uji kekerasan menggunakan Pengujian *Brinell*.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

Manakah besar kekerasan sambungan pengelasan menggunakan elektroda E 6010 dan E 6013 pada baja ST 37 dalam pengelasan las busur nyala listrik dengan cara pengujian *Brinell* yang lebih baik?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui tingkat kekerasan sambungan pengelasan menggunakan elektroda E 6010 dan E 6013 pada baja ST 37.
2. Untuk membandingkan tingkat kekerasan sambungan pengelasan menggunakan elektroda E 6010 dan E 6013 pada baja ST 37.

F. Manfaat Penelitian

a. Pendalaman Ilmu

1. Bagi peneliti sebagai syarat meraih gelar sarjana pendidikan pada program studi Pendidikan Teknik Mesin.
2. Memberikan informasi pengembangan penelitian di lingkungan akademik khususnya di jurusan Teknik Mesin FT UNP.

b. Praktis Ilmu

1. Sebagai bahan masukan dan pertimbangan bagi para pengguna baja dan elektroda dalam memilih bahan untuk pengelasan.
2. Menambah ilmu pengetahuan peneliti tentang pemilihan elektroda pada baja ST 37.
3. Bagi perusahaan penelitian ini juga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam mengambil keputusan dalam menggunakan elektroda pada baja ST 37.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Baja

Baja adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan unsur karbon dalam baja berkisar antara 00,08% hingga 0,8% berat sesuai grade-nya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi. Baja karbon ini dikenal sebagai baja hitam karena berwarna hitam. Tabel 1 di bawah ini adalah menunjukkan unsur-unsur klasifikasi baja karbon dan sesuai dengan kegunaannya (Wirjosumarto, 2008 : 90)

Tabel 1. Klasifikasi baja karbon

Jenis dan Kelas		Kadar karbon (%)	Kekuatan luluh (kg/mm ²)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Perpanjangan (%)	Kekerasan Brinell	Penggunaan
Baja karbon rendah	Baja lunak khusus	00,08	18 – 28	32 – 36	40 - 30	95 –100	Pelat tipis
	Baja sangat lunak	0,08-0,12	20 – 29	36 - 42	40 - 30	80 –120	Batang kawat
	Baja lunak	0,12-0,20	22 – 30	38 - 48	36 - 24	100 –130	
Baja karbon sedang	Baja setengah lunak	0,20-0,30	24 – 36	44 - 55	32 - 22	112-145	Konstruksi umum
	Baja setengah keras	0,30-0,40	30 – 40	50 - 60	30 - 17	140 -170	Komponen Mesin
Baja karbon tinggi	Baja keras	0,04,- 0,50	34 – 46	58 - 70	26 - 14	160 -200	Perkakas
	Baja sangat keras	0,50- 0,80	36 – 47	65 - 100	20 - 11	180 - 235	Rel, pegas Dan kawat piano

Sumber : (Wirjosumarto, 2008 : 90)

Baja karbon banyak digunakan untuk plat tipis, batang kawat, konstruksi umum, komponen mesin, perkakas rel, dan kawat piano. Unsur

paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah *titanium*, krom *chromium*, nikel, *vanadium*, cobalt dan tungsten *wolfram*.

Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan *hardness* dan kekuatan tariknya *tensile strength*, namun di sisi lain membuatnya menjadi getas *brittle* serta menurunkan keuletannya *ductility*.

Berdasarkan jumlah kandungan karbon yang terdapat dalam baja, baja dikelompokkan kedalam tiga bagian, yaitu:

1. Baja Karbon Rendah (*low carbon steel*)

Baja ini disebut baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas, baja karbon rendah bukan baja yang keras, karena kandungan karbonnya rendah berkisar 0,05-0,30%. Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon dalam campuran baja kurang dari 0,30% C. (Amanto dan Daryanto, 1999).

2. Baja Karbon Sedang (*medium carbon steel*)

Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3-0,6% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang digunakan untuk sejumlah peralatan mesin seperti roda gigi otomotif, poros penghubung, poros engkol dan alat angkat presisi (Amanto dan Daryanto, 1999).

3. Baja Karbon Tinggi (*high carbon steel*)

Baja karbon tinggi mengandung karbon 0,6-1,5%, dibuat dengan cara digiling panas. Pembentukan baja ini dilakukan dengan cara menggerinda permukaannya, misalnya batang bor dan batang datar. Apabila baja ini digunakan untuk bahan produksi maka harus dikerjakan dalam keadaan panas dan digunakan untuk peralatan mesin-mesin berat, batang-batang pengontrol, alat-alat tangan seperti palu, obeng, tang, dan kunci mur, baja pelat, pegas kumparan dan sejumlah peralatan pertanian (Amanto dan Daryanto, 1999).

4. Baja Paduan

Menurut Amanto dan Daryanto 1999), baja paduan adalah baja yang mengandung sebuah unsur lain atau lebih dengan kadar yang berlebih dari pada kadar biasanya dalam baja karbon. Unsur-unsur yang biasanya terdapat dalam baja karbon adalah C, Mn, Si, P dan S. untuk memperoleh sifat-sifat yang lebih baik maka kadar Mn atau Si ditambah, atau unsur-unsur lain seperti Cr, Ni, Mo, Co, Ti, W dan sebagainya. Dengan demikian selain memperbaiki sifat-sifat mekanisnya juga memperbaiki sifat tahan korosi, tahan suhu tinggi, tahan aus dan sifat-sifat listrik serta magnetiknya.

Unsur-unsur paduan yang dipakai dalam pembuatan baja paduan terdiri dari satu macam unsur atau lebih dengan kadarnya yang berbeda-beda, tergantung dari keperluan sehingga baja paduan menjadi banyak macam dan jenisnya.

Menurut kadar unsur paduan, baja paduan dapat dibagi dalam dua golongan yaitu baja paduan rendah dan baja paduan tinggi atau baja paduan khusus. Baja paduan rendah adalah baja yang sedikit mengandung unsur paduan dibawah 10%, sedangkan baja paduan tinggi dapat mengandung unsur paduan diatas 10%. Baja paduan rendah dapat dklasifikasikan sebagai berikut:

- a) Baja paduan rendah kekuatan tinggi
- b) Baja paduan rendah biasa

Baja paduan rendah berkekuatan tinggi mempunyai sifat mekanis dan tahan korosi yang lebih baik, dari pada baja paduan rendah biasa. Baja paduan rendah dibuat melalui proses pengerolan, baik dalam keadaan dilunakkan atau dinormalkan. Karena kadar karbonnya yang rendah baja ini relatif lunak dan liat, sehingga memudahkan dalam pembentukan dan pengelasan. Silisium, mangan, nikel, khrom ditambahkan dalam baja ini sebagai unsur paduan dengan jumlah total tidak melebihi 5%. Unsur-unsur ini membentuk larutan padat dengan ferit sehingga menambah kekuatan baja.

Baja paduan rendah biasa umumnya mengandung paling sedikit 0,3% karbon yang dengan mudah baja dapat dikeraskan. Karena adanya unsur-unsur nikel, khrom, mangan dan molibdenum maka baja ini mempunyai sifat dapat dikeraskan yang baik. Bila dikeraskan dan ditemper sampai kekerasan tertentu atau bila mana seluruhnya berstruktur martensit, maka baja-baja macam ini mempunyai gejala yang

menunjukkan sifat mekanis yang sama dengan baja karbon biasa yang berkadar karbon sama (Amanto dan Daryanto, 1999)

5. Baja ST 37

Baja Steel 37 (ST 37) merupakan salah satu baja karbon rendah atau sering juga disebut baja lunak. ST 37 menunjukkan bahwa baja ini memiliki keteguhan putus tarik minimum ≤ 37 kg/mm². Baja ST 37 memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3 %. (Amanto dan Daryanto, 1999)

Tabel 2. Spesifikasi baja karbon rendah tipe ST 37

Unsur	Kandungan %	Unsur	Kandungan %
Fe	99,310	S	0,015
Mn	0,375	Co	0,007
C	0,118	Nb	0,006
Si	0,055	Cu	Max. 0,004
W	0,046	Mo	Max. 0,005
Ni	0,026	Al	Max 0,002
Cr	0,021	V	Max 0,001
P	0,017	-	-

Sumber: (Rusianto dan Sigit, 2002 : 37)

Baja ini dapat dijadikan mur, baut, ulir sekrup, peralatan senjata, alat pengangkat presisi, batang tarik, perkakas silinder, bahan baku pengelasan dan penggunaan yang hampir sama (Hari Amanto dan Daryanto, 1999).

B. Pengelasan

1. Pengertian Pengelasan

Menurut *Welding handbook*, dalam Daryanto (2012:3) proses pengelasan adalah “Proses penyambungan bahan yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanaskannya hingga suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi”. Mengelas menurut Muhammad Alip (1989:34) adalah “Suatu aktivitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh”.

Sri Widharto (2006:1) mengemukakan las (*welding*) adalah “Suatu cara untuk menyambung benda padat dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan”. Secara singkat dapat diartikan bahwa pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam atau lebih dengan menggunakan energi panas dengan atau tanpa tekanan hingga menjadi benda utuh. Pengelasan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pertumbuhan industri yang berkembang pada saat ini karena pengelasan memegang peranan penting dalam rekayasa dan reparasi produk logam. Hampir tidak mungkin dalam pembangunan suatu konstruksi tidak ada proses pengelasannya.

Mengelas bukan hanya sekedar menyambungkan dua buah logam atau lebih, tetapi bagaimana membuat lasan yang baik dan berkualitas seperti yang dikehendaki. Kekuatan dari hasil lasan tersebut

dapat dipengaruhi beberapa faktor seperti prosedur, bahan benda kerja, jenis las, dan jenis sambungan yang digunakan.

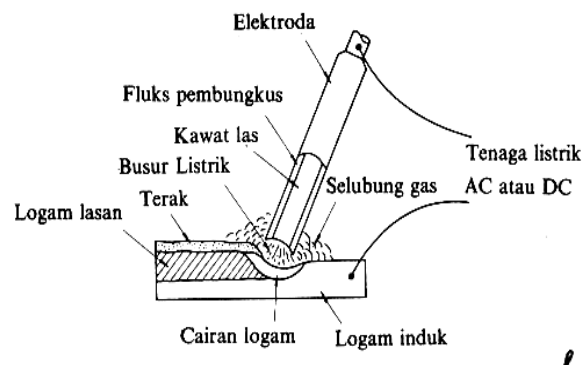
2. Jenis-Jenis Las

Jenis las yang digunakan dalam berbagai pengelasan sangat beragam. Beberapa jenis las diantaranya adalah Las Oksiasitelin, Las busur listrik berselaput (SMAW), Las busur listrik elektroda *tungsten/TGA (Gas Tungsten Arc) Welding*, Las busur listrik elektroda logam terumpan/GMA (*Gas Metal Arc Welding*), Las busur rendam/*Sumberged Arc Welding*, dan sebagainya.

Penggunaan dari masing-masing jenis las ini disesuaikan dengan kebutuhannya. Pada pengelasan plat umumnya digunakan las busur listrik elektroda berselaput (SMAW). Karena kemampuannya untuk pengelasan pada semua posisi dan mutu las lebih baik jika dibandingkan dengan jenis las lain.

3. Las Yang Digunakan

Las busur nyala listrik atau SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) adalah salah satu cara menyambung logam dengan jalan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang akan disambung. Menurut Daryanto (2012:51) “Pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa tekanan, atau dapat didefinisikan sebagai akibat dari metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom-atom”.



Gambar 1. Las busur dengan elektroda terbungkus
(Wiryosumarto, 2008 : 9)

Pengelasan las listrik menggunakan elektroda berselaput sebagai bahan tambahan untuk menyatukan logam yang dipanaskan. Pada bagian yang terkena panas tersebut akan mencair, demikian juga elektrodanya juga akan mencair. Cairan dari elektroda dan benda yang akan disambung tercampur dan mengisi celah dari kedua logam yang akan disambung, kemudian membeku dan tersambunglah kedua logam tersebut.

Keuntungan dari las busur listrik adalah serba guna dan prosesnya yang sederhana. Las listrik bisa dilakukan pada berbagai posisi dan jenis sambungan-sambungan pada daerah dimana pandangan mata terbatas masih bisa dilakukan pengelasan dengan menggunakan elektroda yang dibengkokkan. Kelemahan dari las busur listrik ini terletak pada kekuatan sambungan las yang sangat dipengaruhi oleh kualitas pengelasan. Apabila pengelasan dilakukan sesuai dengan prosedur maka kekuatan dari lasan tersebut akan baik. Proses penggantian elektroda juga mengurangi efisiensi dari pengelasan karena memakan waktu, sewaktu

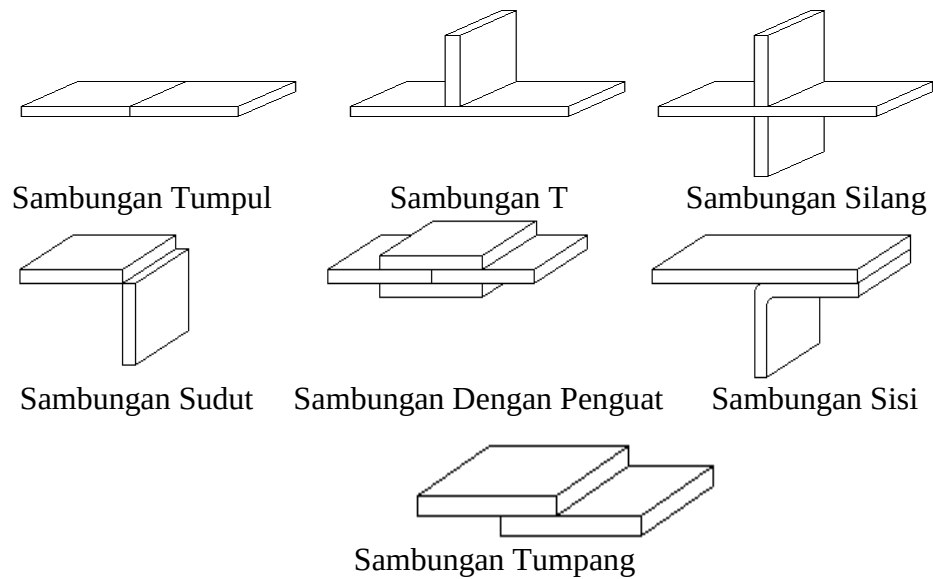
akan melakukan pengelasan selanjutnya terak yang terbentuk harus dibersihkan terlebih dahulu agar lapisan berikutnya dapat menyatu dengan baik.

4. Jenis Sambungan Dan Posisi Pengelasan

Menurut Muhammad Alip (1989:35) sambungan adalah” Bentuk pertemuan antar benda yang dipersiapkan sesuai dengan ukuran benda kerja dan dirangkai sedemikian rupa sehingga siap untuk dilas atau dibrazing”. Sambungan pada produk-produk pengelasan sangatlah penting agar hasilnya sesuai dengan yang diharapkan.

Dalam proses penyambungan logam dengan teknik pengelasan tidak hanya dilihat dari segi bisanya benda tersebut disambung, tetapi bagaimana membuat hasil lasan yang baik dan berkualitas sesuai dengan yang dikehendaki. Pemilihan jenis sambungan harus disesuaikan dengan ketebalan bahan, metode pengelasan, dan lainnya

Berdasarkan cara pengelasannya sambungan terdiri dari dua macam yaitu sambungan las cair dan sambungan las tekan. Sambungan las cair adalah yang paling banyak digunakan dalam kontruksi. Menurut Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura(2008:157) “Sambungan las dalam kontruksi baja pada dasarnya dibagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang”. Dalam perkembangannya sambungan dasar tersebut terjadi sambungan silang, sambungan dengan pemkuat, dan sambungan sisi.



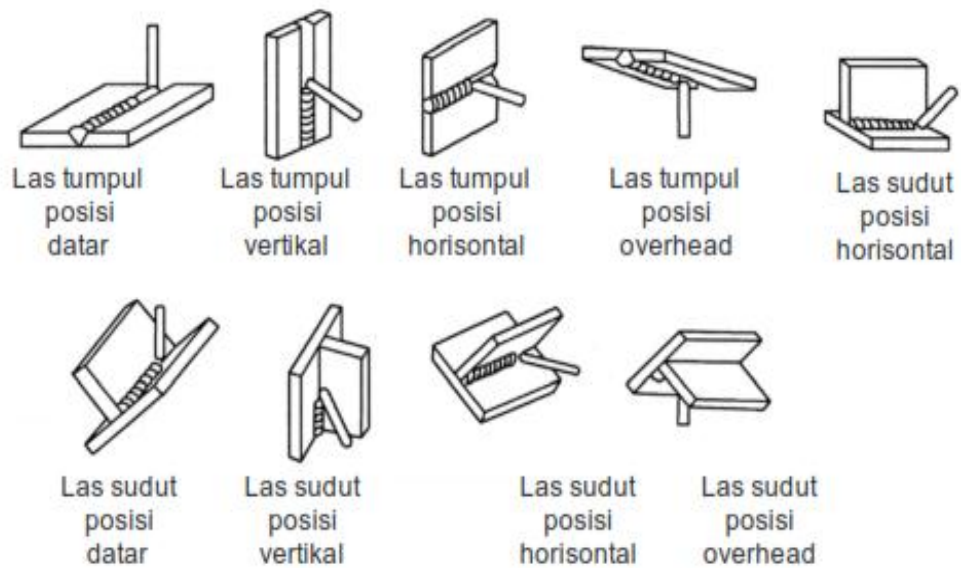
Gambar 2. Jenis-jenis sambungan dasar
(Wiryosumarto, 2008:157)

Dalam pengelasan sambungan tumpul adalah sambungan yang paling efisien. Sambungan ini dibagi menjadi dua yaitu sambungan penetrasi penuh dan sambungan penetrasi sebagian dengan pelat pembantu atau tanpa pelat pembantu yang akan menjadi bagian dari konstruksi, pelat pembantu yang hanya sebagai penolong pada waktu proses pengelasan saja.

Bentuk alur dalam sambungan tumpul mempengaruhi efisiensi pengerjaan, efisiensi sambungan dan jaminan sambungan. Pemilihan bentuk alur sangat penting, bentuk dan ukuran alur sambungan datar ini sudah distandarkan dalam standar AWS, BS, DIN, GOST, JSSC dan lain-lainnya. Jenis alur dari lasan tersebut seperti alur persegi (I), V tunggal, V tirus tunggal, U tunggal, V ganda (X), Titus ganda (K), U ganda, J tunggal, dan J ganda.

Dalam pemilihan bentuk alur dalam sambungan las harus sesuai agar tidak terjadi penurunan mutu dari sambungan las tersebut. Kekuatan dari sambungan itu sendiri ditentukan berdasarkan bahan las, cara pengelasan, cara pemeriksaan, jenis sambungan, jenis beban dan lainnya. Bentuk-bentuk alur dalam sambungan las yang telah distandarkan pada umumnya hanya meliputi pelaksanaan pengelasan saja, tetapi yang sering dilakukan oleh juru las itu sendiri berdasarkan pengalaman dilapangan.

Menurut Sunari (2007:142) “Hasil las yang baik, selain tergantung pada kebersihan benda las itu sendiri dan kebersihan lingkungannya”. Untuk itu selain pemilihan juru las yang berpengalaman dalam bidang pengelasan kebersihan dari bahan dan lingkungan sangatlah penting agar mutu dari sambungan tersebut tercapai. Selain pemilihan jenis sambungan, posisi pengelasan juga berpengaruh pada hasil pengelasan. Posisi pengelasan ada empat macam yaitu: posisi bawah tangan, posisi mendatar, posisi tegak, dan posisi di atas kepala. Dari keempat posisi yang ada, posisi di bawah tangan adalah yang paling mudah dilakukan.



Gambar 3. Macam-macam posisi pengelasan
(Sunaryo,2008:244)

5. Arus pengelasan

Besar arus dalam pengelasan sangatlah berpengaruh dalam proses pengelasan. Apabila arus terlalu besar hal ini akan mengakibatkan elektroda akan lebih cepat mencair sehingga permukaan hasil lasan akan melebar. Sedangkan arus yang kecil akan mengakibatkan susah menyalakan busur listrik, panas yang terjadi rendah tidak cukup untuk melelehkan elektroda sehingga hasil lasan yang kecil dan kurangnya penembusan.

Arus listrik yang digunakan dalam pengelasan harus disertai dengan ukuran diameter elektroda. Tiap elektroda mempunyai ampere (pengaturan arus) minimum dan maksimum, seperti tabel 4 di bawah ini.

Tabel 3. Pemilihan ampere

Diameter Elektroda Dalam (mm)	TYPE ELEKTRODA DAN BESAR ARUS				
	E 6010 (Ampere)	E 6013 (Ampere)	E 7016 (Ampere)	E 7027 (Ampere)	E 6013 (Ampere)
2,5		80-125	100-145		
3,2	80-120	110-160	140-190	125-185	140-190
4	120-200	150-220	180-250	160-240	180-250
5		200-275	230-305	210-300	230-305
5,5		260-340	275-265	250-350	275-365
6,3		330-415	335-430	300-420	335-430
8		390-500			

Sumber : (Suratman, 2007: 05)

C. Elektroda

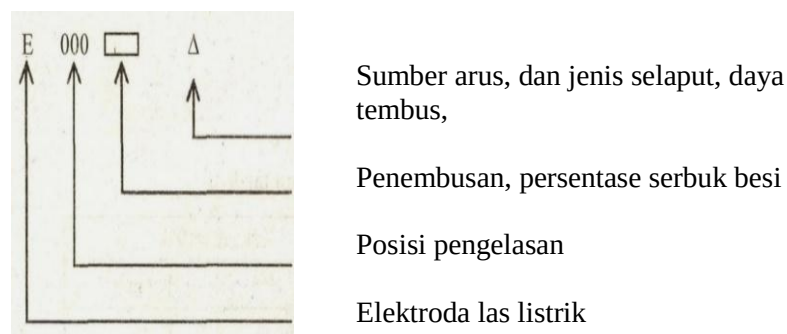
Elektroda merupakan bagian terpenting dari proses pengelasan. Pemilihan elektroda yang benar akan mempengaruhi hasil dari lasan tersebut, sehingga sangatlah penting untuk mengetahui jenis-jenis , serta sifat-sifat dari elektroda tersebut. Jenis elektroda yang paling banyak digunakan adalah elektroda jenis logam.

Menurut Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura (2008:97)” Pemilihan elektroda harus didasarkan pada jenis dan sifat logam induk serta kegunaan sambungannya”. Elektroda berfungsi sebagai logam pengisi pada bahan logam yang akan di las, untuk itu pemilihan jenis elektoda harus disesuaikan dengan bahan logam yang akan dilas.

1. Pemilihan Jenis Elektroda

Menurut standar AWS/ASTM (*American Wilding society/ American Society For Testing material*), semua jenis elektroda ditandai dengan huruf E disertai 4 atau 5 angka. Jenis penulisan seperti contoh berikut:

Contoh penulisan jenis elektroda :



Gambar 4. Penulisan Jenis Elektroda (Suratman, 2007 : 56)

Cara pembacaan sebagai berikut:

1. E menyatakan elektroda.
2. Dua angka pertama menyatakan kekuatan tarik.
3. Angka tiga dan keempat menyatakan posisi pengelasan yang dapat di pakai, penembusan dan persentase serbuk besi.
4. Angka keempat atau kelima menunjukkan jenis selaput, jenis sumber arus (AC atau DC), sifat busur listrik, daya tembus, dan persentase serbuk besi yang terkandung pada selaput elektroda.
5. Akhiran (bila dipakai). Ditulis setelah angka keempat atau kelima. Akhir ini menunjukkan komposisi logam panduan (*olloy stell*), jadi tidak berlaku untuk golongan E 60 xx.

Contoh:

Pada elektroda Philips berseri AWS tertulis: E 6010.

Artinya:

E = Elektroda las listrik.

60 = Kekuatan tarik minimum dari deposit las adalah 60.000 psi atau 42 kg/mm².

1 = Dapat di pakai untuk segala posisi.

0 = Jenis selaput: *cellulose sodium*.

Sumber tegangan arus/arus : AC, DCSP, DCRP

Daya tembus: lemah

Kadar serbuk besi: 0 -10%

Tabel 4. Pengolongan dan posisi pengelasan yang tepat

Kekuatan tarik		Posisi
E XX1X	E XX2X	
Dapat dipakai	Dapat dipakai	Datar
Dapat dipakai	Dapat dipakai	Horizontal
Dapat dipakai	Tidak dapat dipakai	Vertikal
Dapat dipakai	Tidak dapat dipakai	Diatas Kepala

Sumber : (Suratman, 2007 : 57)

Tabel 5. Jenis selaput, arus, busur, penembusan, dan kadar

Golongan	Selaput	Jenis arus	Busur arus	Daya tembus	Kadar besi
E XXX 0	Cellulose sodium	DCRP	Penggali	Dalam	0-10%
E XXX 1	Cellulose potasium	AC, DCRP	Penggali	Dalam	Tanpa
E XXX 2	Rutil sodium	AC, DCSP	Sedang	Sedang	0-10%
E XXX 3	Rutil potasium	AC, DCSP, DCRP	Lunak	Lemah	0-10%
E XXX 4	Rutil serbuk besi	AC, DCSP, DCRP	Lunak	Lemah	25-40%
E XXX 5	Low hydrogen sodium	DCRP	Sedang	Sedang	Tanpa
E XXX 6	Low hydrogen potasium	AC, DCRP	Sedang	Sedang	Tanpa
E XXX 7	Besi oksid, serbuk besi	AC, DCRP, DCSP	Sedang	Lemah	50%
E XXX 8	Low hydrogen, Serbuk besi	AC, DCRP	Sedang	Sedang	30-50%
E XXX 9	-	-	-	-	-
Untuk angka akhiran 0 ada pengecualian					
E 6010	Cellulose sodium	DCRP	Penggali	Dalam	0-10%
E 6020	Besi oksid sodium	AC, DC SP	-	Sedang	0-10%
E 6030	Besi oksid	AC, DCSP	-	Lemah	-

(Sumber: Suratman, 2007 : 59)

*Keterangan:*AC = *Alternating Current*DCSP = *Direct Current Strainght Polarity* pada pada metode ini elektroda dihubungkan dengan katup negatifDCRP = *Direct Current Reverse polarity* Pada metode ini elektroda dihubungkan dengan katup positif.

2. Jenis-Jenis Fluks

Fluks biasanya terdiri dari bahan-bahan tertentu dengan perbandingan yang tertentu pula. Bahan yang digunakan dapat digolongkan dalam bahan pemantapan busur, pembuatan terak, penghasil gas, deoksidator (Suharno , 2008:).

Bahan-bahan fluks dapat digolongkan antara lain:

- a. Jenis oksida titan, jenis ini di sebut rutil atau titania dan berisi banyak TiO_2 didalamnya.
- b. Jenis titania kapur, jenis ini disamping berisi rutil juga mengandung kapur.
- c. Jenis ilmenit, jenis ini terletak diantara jenis oksidasi ilmenit atau Fe Ti O_2 .
- d. Jenis hydrogen rendah, jenis ini di sebut jenis kapur, karena bahan utama kapur dan fluorat.
- e. Jenis selulosa, jenis ini berisi kira-kira 30% zat organik yang dapat menghasilkan gas dengan volume besar yang kemudian melindungi logam cair.
- f. Jenis oksidasi besi, bahan jenis ini adalah besi, busur yang dihasilkan terpusatkan dan penetrasian dalam.
- g. Jenis serbuk besi, oksidasi, bahan jenis ini meliputi 15% sampai 50% adalah silikon dan serbuk besi.
- h. Jenis serbuk besi-titania, jenis ini menimbulkan busur yang sedang dan menghasilkan manik las yang halus.

D. Pengujian Bahan

Pengujian pada hasil pengelasan bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat yang dimiliki bahan tersebut serta bertujuan untuk mengetahui mutu dari hasil pengelasan tersebut. Salah satu sifat yang dimiliki logam adalah sifat mekanis. Secara sederhana sifat mekanis suatu logam adalah kemampuan bahan untuk menahan beban, baik beban statis, dinamis, atau beban berubah-ubah pada berbagai keadaan, dengan suhu tinggi maupun dibawah nol derajat.

Menurut Bondan Tiara Sofyan (2010:25) "Sifat mekanis dari logam tersebut berupa kekuatan tarik, tekan, geser, fleksural, tekuk, dampak, kelelahan, keuletan, kekerasan, dan ketahanan aus". Agar tujuan dari pengujian ini berhasil dengan baik perlu dilakukan persiapan yang baik seperti spesimen dan alat pengujian yang digunakan yang berstandar. Dalam pengujian mekanik terdapat perbedaan dalam pemberian jenis beban kepada material. Uji tarik, uji tekan, dan uji puntir adalah pengujian yang menggunakan beban static, sedangkan uji lelah dan uji dampak menggunakan jenis beban dinamik.

Adapun proses pengujian dikelompokkan ke dalam dua kelompok metode pengujian yaitu : *Destructive Test* (DT), yaitu proses pengujian logam yang dapat menimbulkan kerusakan logam yang diuji, *Non Destructive Test* (NDT), yaitu proses pengujian logam yang tidak menimbulkan kerusakan logam atau benda yang diuji. Menurut Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura (2008:361) "Pengujian merusak pada konstruksi las adalah

pengujian terhadap model dari konstruksi atau pada batang-batang uji yang telah dilas dengan cara yang sama dengan proses pengelasan yang akan digunakan sampai terjadi kerusakan pada model konstruksi atau batang uji”. Uji yang merusak seperti uji mekanik, analisa kimia, metalografi, dan lainnya.

Uji tidak merusak dilakukan tanpa merusak bagian dari konstruksi benda uji. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui cacat, baik cacat luar maupun cacat dalam seperti pengamatan, uji ultrasonik, radiografi, dan lainnya.

E. Pengertian Pengujian *Brinell*

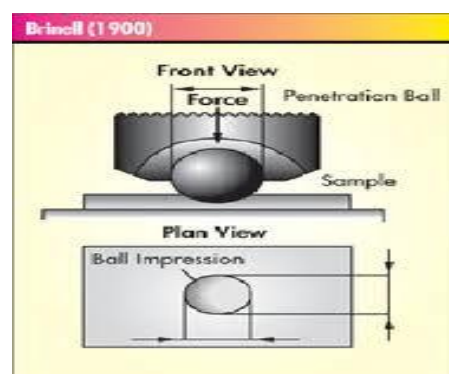
Pengujian *Brinell* salah satu cara pengujian kekerasan yang paling banyak di gunakan (Suharno, 2008:08). Kekerasan dapat di definisikan ketahanan bahan atau logam terhadap deformasi yaitu deformasi tekan atau indentasi.

Kekerasan semakin naik dengan naiknya temperatur. Semakin cepat laju pendinginan kekerasan juga semakin naik. Perbedaan nilai kekerasan perlakuan panas normalizing dan hardening tidak terlalu besar. (Ardra Biz 2011 :15)

Pada pengujian *Brinell* menggunakan sebuah bola baja yang di keraskan sebagai indentor. Indentor ini di tusukkan ke permukaan logam yang diuji dengan gaya tekan tertentu selama waktu tertentu pula (antara 10 sampai 30 detik).

Peluru dapat dibuat dari baja zat arang atau dari karbit *wolfram*, tergantung dari kekerasan benda yang akan diuji. Diameter peluru atau bola dapat dipilih antara 10 mm, 5 mm, 2,5 mm, atau 1,25 mm., tergantung tebal dan kekerasan benda yang diuji. Gaya tekan (P) diambil dari 3000 kg diatas sebuah bola 10 mm , ketentuan ini untuk meneliti baja atau logam-logam yang kekerasaannya setingkat dengan baja. Atau dengan gaya tekan 750 kg diatas sebuah peluru dari 5 mm yang akan di beri hasil-hasil yang sama apabila P/D^2 tetap sama pula. Untuk logam-logam dan paduan-paduan yang lebih lunak dan tidak mengandung besi (Tembaga, Loyang, dan sebagainya), diambil sebuah peluru dari 10 mm dengan gaya penekan sebesar 500 kg, sedangkan untuk timah, timbel dan sebagainya 10 mm dengan gaya penekanan 250 kg.

Untuk pengujian logam yang sangat keras (diatas 50 BHN) bahan indentor dari baja yang dikeraskan tidak cukup baik, karena indentor itu sendiri mungkin mulai terdeformasi, maka digunakan bola dari kerbida tungsten, yang mampu mengukur sampai kekerasan sekitar 650 BHN.



Gambar 5. Pengujian Kekerasan *Brinell* (Suharno, 2000 : 48)

Untuk melakukan penghitungan kekerasan pengelasan pada baja ST 37 dengan elektroda E 7 dan E 6013 di gunakan rumus :

$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Dimana:

BHN : Kekerasan *Brinell* (kg/mm²)

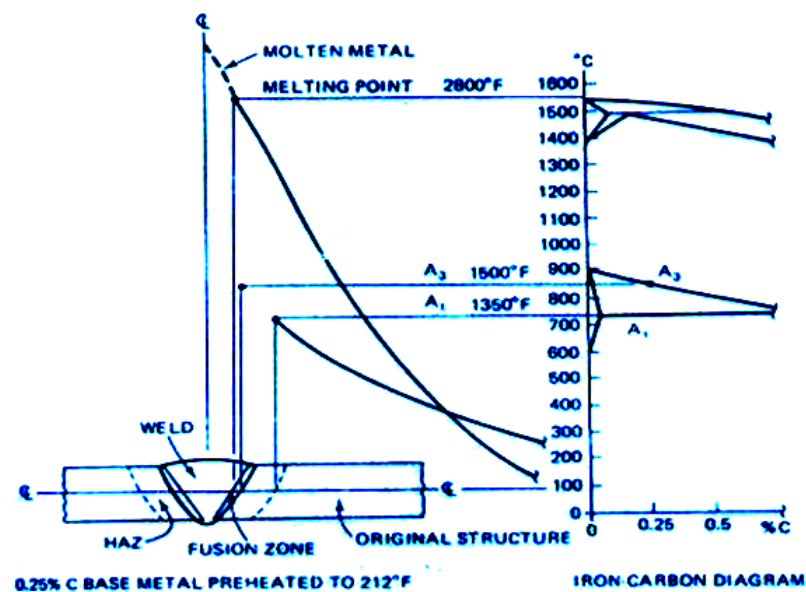
P :Pembebanan (kg)

D :Diameter bola (mm)

d : Lebar lekukan(mm)

F. Siklus Termal Daerah Las

Proses pengelasan melibatkan pemanasan dan pendinginan, pada umumnya struktur mikro dari logam tergantung dari kecepatan pendinginannya dari temperatur terbentuknya fasa awal sampai ke temperature akhir (Suharno, 2000 : 36).



Gambar 6. Daerah-daerah transformasi fasa pada HAZ material pengelasan Transformasi (Arsyananda 2011, 11: googleweblight.com)

Karena perubahan struktur ini dengan sendirinya sifat-sifat mekanik yang dimiliki juga berubah. Pada dasarnya daerah lasan terdiri dari tiga bagian yaitu logam lasan (*weld metal*), daerah terkena pengaruh panas yang sering disebut dengan *Heat Affected Zone* (HAZ), dan logam induk yang tak terpengaruh panas. Daerah logam lasan adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Daerah pengaruh panas atau HAZ adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat. Logam induk tak terpengaruh panas adalah bagian logam dasar dimana panas dan temperatur pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat. Selain ketiga bagian itu masih ada bagian lain yaitu daerah yang membatasi antara logam las dan daerah HAZ yang disebut dengan batas las. Semua kejadian selama proses pendinginan dalam pengelasan hampir sama dengan pendinginan dalam pengecoran perbedaannya adalah:

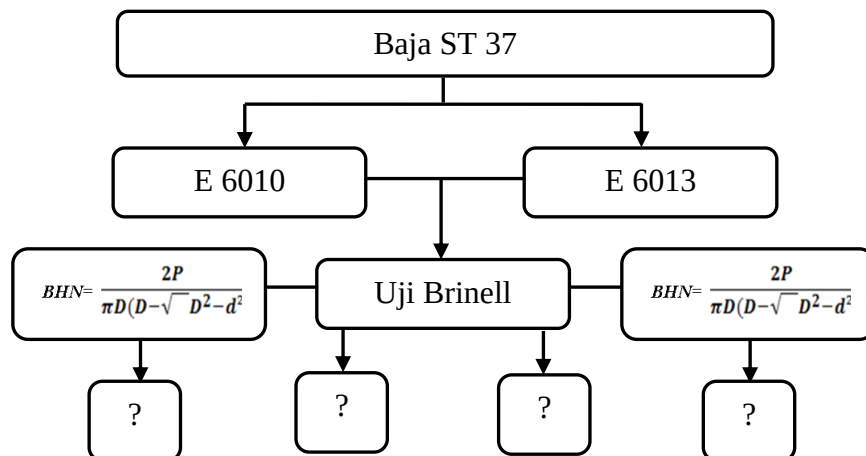
1. Kecepatan pendinginan dalam las lebih tinggi
2. Sumber panas dalam las bergerak lurus.
3. Pencairan dan pembekuan dalam las terjadi secara terus menerus
4. Pembekuan logam las

Mulai dari dinding logam induk yang dapat dipersamakan dengan dinding cetakan pada pengecoran, hanya saja dalam pengelasan, logam las harus menjadi satu dengan logam induk, sedangkan dalam pengecoran harus terjadi sebaliknya.

G. Kerangka Konseptual

Berdasarkan dari uraian latar belakang, tinjauan pustaka dengan teori yang telah dijelaskan pada bab terdahulu terhadap penelitian ini, maka sebagai kerangka pikir dari penelitian ini yaitu, “Terdapat perbedaan kekerasan pada spesimen Baja ST 37 menggunakan elektroda E 6010 dan E 6013”

Proses Sistem pengujian kekerasan Pengelasan Baja ST 37 menggunakan elektroda E 6010 dan E 6013 dengan metode *Brinell* dilakukan seperti yang ditunjukkan pada gambar 7 berikut di bawah ini:



Gambar 7. Kerangka Konseptual

Dalam gambar 7 diatas dapat dilihat bahwa proses memainkan peran utama dalam pembuatan spesimen dan proses pengujian untuk menetapkan persyaratan atau standar yang diminta.

H. Hipotesis

Berdasarkan landasan teori dari kerangka konseptual diatas, maka dapat dirumuskan hipotesis dari penelitian yaitu, **“Terdapat Perbedaan Kekerasan Pada Hasil Pengelasan Menggunakan Elektroda E 6010 dan E 6013”**.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari data hasil penelitian, dapat diperoleh kesimpulan dari penelitian mengenai kekerasan Baja ST 37 menggunakan Elektroda E 6010 dan E 6013 nilai kekerasannya berbeda.

1. Nilai rata-rata uji kekerasan secara praktek pengelasan spesimen Baja ST 37 menggunakan elektroda E 6010 adalah 241,6 kg/mm² di daerah logam, 211,73 kg/mm² di daerah HAZ dan 181,8 kg/mm². Rata-rata uji kekerasan secara teori adalah 290,4 kg/mm² daerah logam, 271 kg/mm² daerah HAZ dan 255,4 kg/mm² di daerah las. Maka nilai yang paling tinggi adalah 290,4 kg/mm² di daerah logam induk secara teori.
2. Nilai rata-rata uji kekerasan secara praktek pengelasan spesimen Baja ST 37 menggunakan elektroda E 6013 adalah 248,06 kg/mm² di daerah logam, 237,73 kg/mm² di daerah HAZ dan 196,33 kg/mm² di daerah las. Rata-rata uji kekerasan secara teori adalah 301,2 kg/mm² di daerah logam, 276,4 kg/mm² di daerah HAZ dan 269,4 kg/mm² di daerah las. Maka nilai paling tinggi adalah 301,2 kg/mm² di daerah logam secara teori.
3. Nilai rata-rata kekerasan di daerah las pada spesimen Baja ST 37 yang di las dengan elektroda E 6010 adalah 181,8 kg/mm² dan spesimen Baja ST 37 yang di las dengan elektroda E 6013 adalah 196,33 kg/mm². jadi nilai kekerasan yang lebih tinggi adalah spesimen Baja ST 37 yang di las dengan elektroda E 6013.

B. Saran

Untuk penelitian selanjutnya, beberapa saran saya kekemukaan sebagai masukan untuk kesempurnaan penelitian ini:

- a. Perlu adanya ketelitian dalam proses persiapan spesimen mulai dari proses pengukuran sampai pada tahap pengujian, karena hal ini dapat berpengaruh terhadap data hasil pengujian.
- b. Dalam melakukan pemotongan spesimen harus diperhatikan sudut pemotongan, untuk mendapatkan permukaan spesimen uji yang datar agar tidak terlalu lama pada proses pengikiran
- c. Diharapkan pada penelitian selanjutnya sebelum melakukan pengelasan carilah welder yang bersertifikat dan uji terlebih dahulu agar hasil las benar baik sesuai dengan standar yang diharapkan.
- d. Bagi yang ingin meneliti permasalahan ini selanjutnya, disarankan untuk meneliti dengan menambahkan beberapa perlakuan pada spesimen uji.